

스파이더맨의 실제 유전학

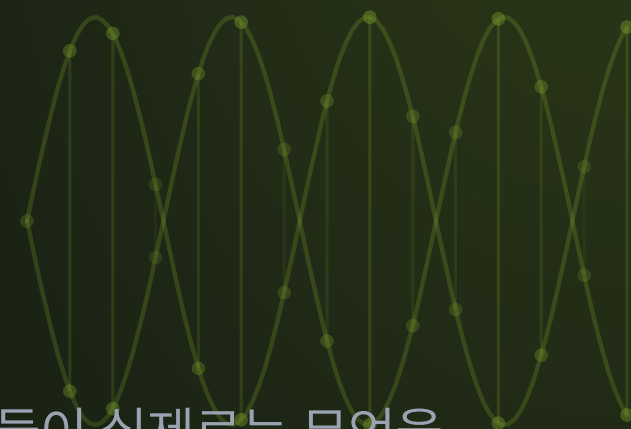
생명과학

물리학

수학

만 13세+

중급



스파이더맨이 다시 극장에 걸렸으니, 정직한 판본을 써 봅니다. 그 능력들이 실제로는 무엇을 요구하는지, 그리고 그중 진짜로 존재하는 셋에 대해 발표된 연구가 무엇을 말하는지 — 지금, 사람에게서.

자유롭게 읽고, 쓰고, 고쳐 쓰실 수 있습니다. 계정도, 구매도, 수집되는 정보도 없습니다.

전체 레슨과 그림, 갱신본: <https://www.mygenelog.com/ko/updates/the-genetics-of-spider-man>

새 영화가 극장에 걸렸습니다. 그러니 이야기가 한 번도 답할 필요가 없었던 질문을 던지기 좋은 주입니다. 그 능력들 각각은 실제로 무엇을 요구할까요? 가능한지 여부가 아니라 — 당연히 불가능합니다 — 생물학의 어느 부분이 달라져야 하는지, 그리고 사람에게 그와 비슷한 것이 존재하는지 말입니다.

넷 중 셋은 실재합니다. 하나는 유전학과 아무 상관 없는 산술로 막힙니다.

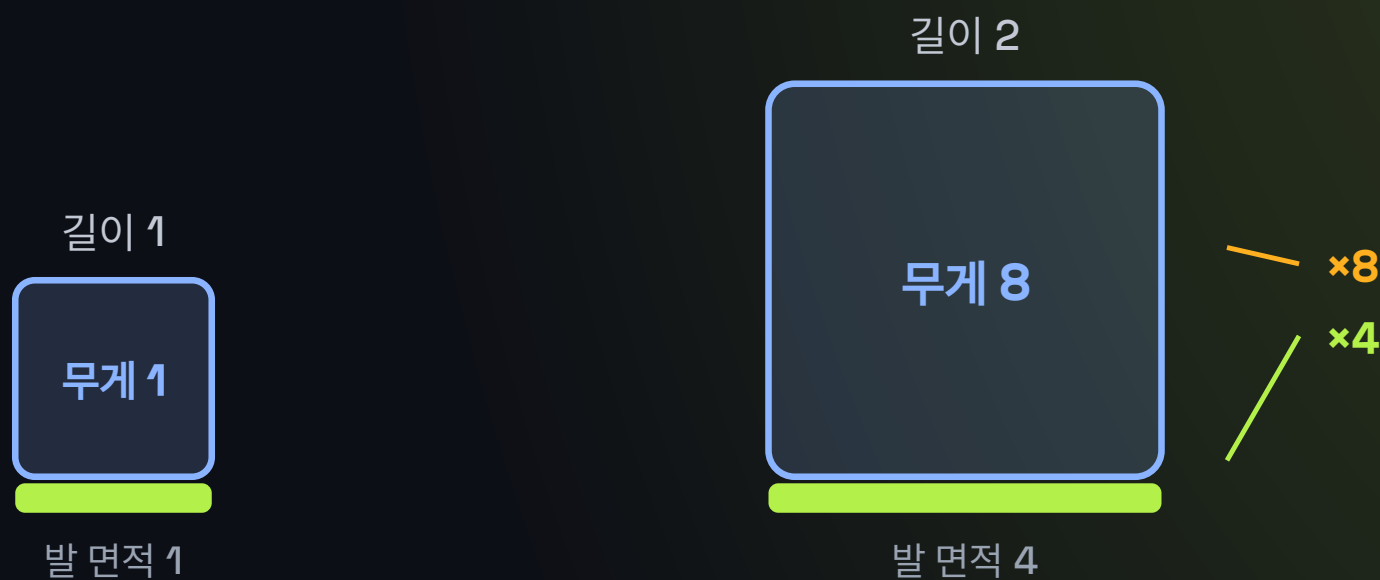
불가능한 쪽은 벽 타기이고, 이유는 생각하시는 것과 다릅니다

문제는 사람에게 등반 유전자가 없다는 것이 아닙니다. 접착은 면적이고, 몸은 부피라는 것입니다.

동물의 길이를 두 배로 하면 무게는 여덟 배가 되지만 발의 면적은 네 배밖에 되지 않습니다. 표면 접촉으로 매달리는 것은 몸집이 커질수록 몸의 더 큰 몫을 그 표면에 내줘야 합니다. 2016년 PNAS에 실린 연구는 진드기에서 도마뱀불이까지, 무게가 7자릿수 넘게 차이 나는 등반 동물 225종에서 바로 이것을 측정했습니다. 상대적 접착 패드 면적은 그 범위에서 약 200배 늘어납니다. 도마뱀불이가 가장 큰 등반 동물인 것은 우연이 아니라, 대략 그 전략이 더 이상 성립하지 않는 지점이기 때문입니다.

거미가 쉽게 해내는 이유는 거미가 아주 작기 때문입니다. 거미를 사람 무게로 키우는 것은 그 재주를 함께 키우는 것이 아니라 파괴하는 것입니다. 정직한 답이 "우리에겐 그 유전자가 없다"가 아니라 "어떤 유전자도 도움이 되지 않는다"인 드문 경우입니다.

무게는 여덟 배, 붙는 면적은 네 배 — 면적 한 칸이 감당할 짐이 두 배가 된다



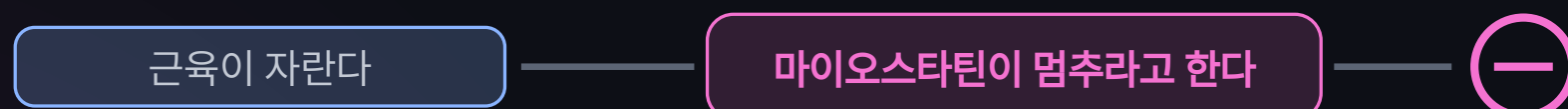
생물학이 아니라 기하학입니다. 도마뱀붙이가 가장 큰 등반가인 것은 우연이 아니라, 이 전략이 대략 거기서 한계에 부딪히기 때문입니다. 2016년 PNAS 연구는 225종에 걸쳐 이것을 실측했습니다.

괴력은 실재하고, 그것은 사라진 브레이크입니다

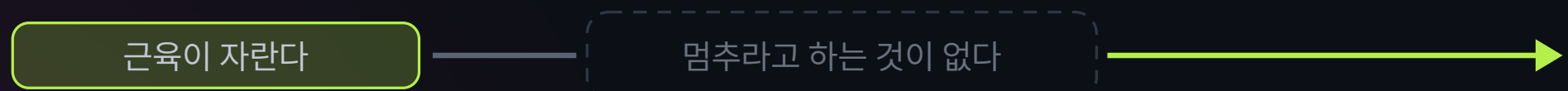
근육 성장은 그냥 내버려 두는 일이 아닙니다. MSTN 유전자가 만드는 마이오스타틴이라는 단백질이 그것을 능동적으로 제한합니다. 가속 페달이 아니라 조속기입니다. 근육이 두드러지기로 유명한 소 품종들이 이 유전자에 기능상실 변화를 가지고 있고, 알고 보면 일부 사람도 그렇습니다.

2004년 New England Journal of Medicine은 MSTN의 양쪽 사본에 기능상실 변화를 가진 아이를 보고했습니다. 태어날 때부터 뚜렷한 근육 비대가 있었습니다. 실험실 사고의 결과가 아니라, 보통은 그만하라고 말하는 것이 유전적으로 부재한 상태입니다.

정상



MSTN 기능 상실



추가된 것이 아니라 제거된 것입니다. 유전자 하나가 근육 성장을 제한하는 일을 하고, 2004년 NEJM에 그 두 사본이 모두 기능하지 않는 아이 한 명이 보고되었습니다. 사례 하나는 집단이 아니고, 제한이 없어진 것은 만화적 초능력이 아닙니다.

두 가지를 짚어야 합니다. 둘 다 중요합니다. 이것은 발표된 증례 하나이고, 증례 하나는 집단이 아닙니다. 그리고 브레이크가 없다는 것은 만화적 의미의 초능력이 아닙니다. 그것이 만들어 내는 것은 이례적인 근육량이지 기차를 세우는 능력이 아닙니다.

이 질문의 일상판이 ACTN3 rs1815739, 이른바 스프린터 유전자입니다. 속근 섬유에 실제로 영향을 주고, 소비자 유전학에서 실제로 가장 과장된 결과이기도 합니다. 근거가 뒷받침하는 것과 그렇지 않은 것을 함께

적어 이 사이트에 올려 두었습니다.

거미에게 물리는 일은 진짜 어딘가로 이어집니다. 통증을 정하는 통로입니다

영화가 우연히 맞힌 부분이 여기입니다. 거미 독은 아무렇게나 만든 독이 아닙니다. 전압개폐 나트륨 통로를 겨냥한 정밀 도구 모음입니다. 신경이 발화할지 말지를 정하는 바로 그 단백질입니다. 물리면 아픈 이유가 그것이고, 거미 독이 새로운 진통제의 가장 많이 연구되는 원천 가운데 하나가 된 이유도 그것입니다.

그 연구가 겨냥하는 통로가 **SCN9A** 유전자가 만드는 **Nav1.7**입니다. 그리고 그것을 겨냥하게 된 계기는 화학이 아니라 유전학의 발견이었습니다. 2006년 **Nature**는 파키스탄 북부의 근친혼 가계 셋에서 아이들이 통증을 전혀 느끼지 못한다고 보고했습니다. 다쳐도, 데어도, 아무것도 느끼지 못했습니다. 원인은 **SCN9A**의 기능상실이었습니다. 신경계의 나머지는 온전했습니다. 통로 하나를 없애면 통증이 존재하지 않게 되고, 촉각과 온도와 사고는 그대로 이어집니다.

반대 방향도 알려져 있습니다. 같은 유전자의 기능획득 변화는 평범한 온기에도 타는 듯한 통증을 겪는 질환을 일으킵니다.

그러니 거미에게 물리는 일은 정말로 사람의 통증 유전학에 닿습니다. 다만 이야기가 말하는 방식으로서는 아닙니다. 2024년 **Advanced Science** 논문은 거미 독 펩타이드를 약으로 만들 때의 현재 난제를 다루는데, 그것은 선택성입니다. 심장과 근육을 움직이는 통로를 건드리지 않으면서 **Nav1.7**만 치는 일이 어려움의 전부이고, 아직 풀리지 않았습니



선택성 문제입니다. 하나에 맞게 빛은 분자는 친척들에도 맞기 쉽고, 그 친척 중에는 심장을 움직이는 것이 있습니다. 그래서 이것은 효력 문제가 아니라 안전성 문제이며, 아직 풀리지 않았습니

방사능은 정확히 거꾸로인 부분입니다

방사선은 명령을 쓰지 않습니다. 부습니다.

전리방사선이 **DNA**에 하는 일은 가닥을 끊는 것입니다. 올바르게 수선하기 어려운 이중가닥 절단도 포함해서요. 세포는 그 절단을 찾아 다시 잇는 정교한 장치를 갖추고 있고, 그 장치가 정교한 이유는 대안이 수선의 오류이기 때문입니다. 그것은 암의 기전이지 벽을 타는 기전이 아닙니다.

여기서 이어지는 유전학은 실재하고 영웅적인 구석이 전혀 없습니다. 수선 장치 자체에 유전된 결함이 있는 경우입니다. 어떤 기계가 뚜렷하게 높은 암 위험을 지니는 이유이고, 방사선량을 지금처럼 조심스럽게 다루는 이유입니다.

방사능 거미는 생물학적으로 말하면, 사람을 해치는 이례적으로 구체적인 방법입니다.

정직한 판본이 더 나은 이야기인 이유

영화를 걷어 내도 남는 것이 없지 않습니다. 하는 일이 오직 근육을 제한하는 것뿐인 유전자가 있고, 그것이 꺼진 채로 태어난 사람들이 있습니다. 수많은 통로 가운데 하나인데, 그것이 없으면 인간 경험의 한 범주가 통째로 사라집니다. 무언가에 달라붙는 일의 물리에 새겨진 크기의 한계가 있고, 어떤 생물학도 그것과 다를 수 없습니다.

이 중 어느 것도 이번 주에 유전자 검사를 받을 이유가 되지 않습니다. 전부 논문과 함께 공개 기록에 있고, 대부분은 복장을 갖춘 쪽 이야기보다 더 기묘합니다.

교실에서 쓰기

어느 학교, 전문대학, 대학교에서든 자유롭게 쓰고 고치실 수 있습니다. 사실 것도, 계정도 없고, 사용하시는 분에게서 아무것도 수집하지 않습니다.

- 대상: 만 14세 정도부터 학부 1학년까지.
- 시간: 토론으로 30-45분, 또는 글을 미리 읽게 하고 다음 시간에 질문을 쓰셔도 됩니다.
- 준비물: 없습니다. 기자재도, 유전자 검사도, 개인정보도 필요 없습니다.
- 다루는 내용: 제곱-세제곱 법칙과 크기 논증이 유전 논증을 이기는 경우, 기능 상실과 기능 획득의 차이, 발표된 사례 하나가 왜 집단이 아닌지, 약물 표적이란 무엇인지, 그리고 이온화 방사선이 DNA에 실제로 하는 일.

몸풀기

1. 읽기 전에: 네 가지 능력 — 벽 타기, 힘, 물림, 방사선 — 가운데 가장 불가능해 보이는 것은 무엇입니까? 적어 두고 읽은 뒤에 비교해 보십시오.
2. 글은 벽 타기의 문제가 유전자가 없어서가 아니라고 말합니다. 그렇다면 무엇 때문입니까? 자기 문장 한 줄로 말해 보십시오.
3. 마이오스타틴은 가속 페달이 아니라 브레이크로 설명됩니다. 그 차이는 무엇이고, 그 유전자가 고장 났을 때 무슨 일이 생기는데 왜 중요합니까?

본 질문

1. 동물의 길이가 두 배가 되면 무게는 여덟 배, 발바닥 넓이는 네 배가 됩니다. 길이가 열 배가 되면 어떻게 되는지 계산해 보십시오. 그리고 왜 도마뱀붙이 정도에서 이 전략이 한계에 부딪히는지 말해 보십시오.
2. 마이오스타틴 발견은 아이 한 명의 사례입니다. 사례 하나로는 결론지을 수 없는 것 세 가지와, 결론지을 수 있는 것 한 가지를 드십시오.

3. SCN9A의 기능이 상실된 사람은 통증을 느끼지 못하지만 촉각, 온도, 사고는 그대로입니다. 이것은 일반 진통제로는 알 수 없는, 신경계가 어떻게 짜여 있는지에 대해 무엇을 말해 줍니까?
4. 거미 독은 소듐 채널을 겨냥하고, Nav1.7이 진통제 표적이 된 것은 유전 연구 때문입니다. "어떤 가족은 통증을 느끼지 않는다"에서 "한 회사가 약을 만들려 한다"까지 가는 경로를 단계별로 순서대로 설명해 보십시오.
5. 글은 선택성 문제가 아직 풀리지 않았다고 말합니다. 심장을 움직이는 채널은 건드리지 않으면서 Nav1.7만 막아야 한다는 것입니다. 그 단백질들이 서로 얼마나 닮았는지를 생각하면, 왜 이것이 어려운 일입니까?

더 나아가기

1. "방사선은 지시를 쓰지 않는다. 부순다." 이 문장을 써서, 이 기원 이야기가 단지 가능성이 낮은 정도가 아니라 왜 방향이 거꾸로인지 설명하고, 그것이 실제로 가리키는 유전학이 무엇인지 말해 보십시오.
2. 통증을 완전히 잃는 것은 편리한 일이 아니라 위험한 일로 밝혀졌습니다. 왜인지 말하고, 좋은 진통제는 SCN9A 기능 상실과 무엇을 달리해야 하는지 정해 보십시오.
3. 네 주장 가운데 셋은 발표된 연구가 뒷받침하고 하나는 물리로 기각됩니다. 어느 쪽 논증이 뒤집기 더 어렵습니까? 글에 나온 예를 써서 답하십시오.
4. 글 끝의 PMID 네 개를 찾아 하나를 직접 열어 보십시오. 초록이 글에서 말한 대로 말하고 있습니까? 다른 점이 있으면 보고하십시오 — 그것이 이 과제입니다.

가르치는 분을 위한 메모 — 이 질문들이 향하는 곳

4. 길이가 열 배면 무게는 1,000배, 넓이는 100배이므로 붙는 면 단위당 부담이 열 배 나빠집니다. 실측판은 논문에 있습니다. 조사한 225종에 걸쳐 상대적 접촉 패드 면적이 약 200배 증가합니다. 학생이 도달해야 할 지점은 이것이 기하학이므로 생물학이 흥정할 여지가 없다는 것입니다.

5. 결론지을 수 없는 것: 얼마나 흔한지, 해로운지 아닌지, 효과 크기가 일반화되는지, 다른 요인이 있었는지. 결론지을 수 있는 것: 사람에게서 마이오스타틴 기능이 상실되어도 생존이 가능하며 근육 비대가 생긴다는 것 — 동물 연구가 예측한 그대로이고, 그 일치가 사례 하나를 발표할 가치로 만들었습니다.

6. 통증이 촉각의 세기가 아니라 별개의 경로라는 것입니다. 전신마취는 전부를 없애지만 이것은 한 감각만 없애고 나머지를 남깁니다. 그 분리 가능성이 선택적인 약을 상상할 수 있게 만드는 근거입니다.

7. 가족에서의 관찰 > 유전자 지도 작성 > 그 유전자가 만드는 단백질 확인 > 단백질의 역할 검증 > 그 단백질을 막는 물질 탐색 > 거미 독이 이미 그러고 있음을 발견. 학생들은 검증 단계를 건너뛰기 쉬운데, 바로 그 단계를 짚어 주는 것이 좋습니다.

8. 사람의 소듐 채널은 같은 설계로 만들어진 것이 아홉 개나 되고 서로 매우 닮았습니다. 하나에 맞게 빚은 분자는 친척들에게도 맞기 쉬운데, 그 친척 중에는 심장 박동을 담당하는 것이 있습니다. 그래서 이것은 효력 문제가 아니라 안전성 문제입니다.

10. 통증을 느끼지 못하는 사람은 자기도 모르게 다칩니다 — 골절, 화상, 관절 손상, 그리고 짧은 수명. 그러므로 목표는 "통증 없음"이 아니라 "쓸모를 다한 통증만 줄이기"이고, 이것은 훨씬 쓰기 어려운 조건입니다.

12. 의도한 답은 초록이 글을 뒷받침한다는 것입니다. 진짜 배움은 학생이 직접 확인했다는 것, 그리고

그 확인이 가능하다는 것입니다. 네 편 모두 색인되어 있고 초록은 무료로 읽을 수 있습니다.

이 수업에는 누구의 유전 정보도 필요하지 않으며, 학생을 검사하거나 가족에 대해 묻는 부분이 전혀 없습니다. 전부 발표된 연구와 영화 한 편으로 둘러잡니다.

출처: 접착 패드 상대성장 — Labonte 외, PNAS 2016, PMID 26787862. 마이오스타틴 — Schuelke 외, NEJM 2004, PMID 15215484. SCN9A와 선천성 무통증 — Cox 외, Nature 2006, PMID 17167479. Nav1.7 억제제로서의 거미 독 펩타이드 — Luo 외, Advanced Science 2024, PMID 39248322. 이 글은 교육 목적이며 의학적 조언이 아닙니다.